

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-082352

(43)Date of publication of application : 18.03.2004

(51)Int.Cl.

B29C 43/02

B29C 43/58

C03B 11/08

G02B 3/00

G02B 13/00

G11B 7/135

G11B 7/22

// B29L 11:00

(21)Application number : 2002-242761

(71)Applicant : HOYA CORP

(22)Date of filing : 23.08.2002

(72)Inventor : HIROTA SHINICHIRO
KOYANAGI HIDEAKI

(54) MANUFACTURING METHOD FOR LENS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for manufacturing a lens having proper spherical aberration without doing the shape processing of a mold over again many times when the lens molded using a certain mold exceeds a predetermined range of spherical aberration.

SOLUTION: The lens is manufactured by press-molding a molding material using a mold including first and second molds so as to have a predetermined range of spherical aberration. When manufacturing, a lens design value is determined to determine a mold design value, which includes the shape of the molding surface of the first mold and the shape of the molding surface of the second mold and the distance between the first and second molding surfaces (the distance between both molds), on the basis of the lens design value. A tentative mold is formed according to the mold design value and the molding material heated and softened using the formed tentative mold to obtain a tentative lens to measure the spherical aberration value of the obtained tentative mold. When the spherical aberration 2 value of the tentative mold exceeds the predetermined range, the correction value of the distance between molds is calculated and the distance between molds of the tentative mold is corrected to press-mold the molding material.

*** NOTICES ***

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

In this invention, press forming of the molding raw materials, such as glass and a plastic, is carried out using a die.

Therefore, it is related with the method of manufacturing a lens.

Especially this invention relates to a process suitable for especially manufacture of single lenses, such as pickup lenses for optical discs, such as CD and DVD, about the precision high press of the accuracy of form and profile irregularity which make it unnecessary to perform grinding and polish after shaping.

[0002]

[Description of the Prior Art]

There is the following advanced technology about production of the die for fabricating a lens with predetermined optical performance, and judgment and amendment of the accuracy.

[0003]

In making a production model, the method for judging whether a mass production provisional type can produce the lens of the spherical aberration in tolerance level using a standard type, without performing a mass production provisional type press is indicated by JP,2002-96332.A. However, in order to apply this method, it is necessary to produce the standard type which has the optical performance in tolerance level first, and what creates two or more production models and can be further used for mass production from that inside must be judged and extracted.

[0004]

The method of designing a forming mold is indicated in JP,2002-96344.A. A provisional forming mold is created based on a predetermined geometric design value, a lens is fabricated in this method by it, and the optical property of the fabricated provisional lens is measured. As compared with the optical property of a request of the measured value of this optical property, the amount of gaps of that spherical aberration is detected. The relation between the very small variation of a high order paragraph and the amount of change of a spherical aberration value is tested by comparison on the table for which it asked beforehand among the aspheric surface constants of the formula which specifies an aspheric surface for the amount of gaps of the aspheric surface aberration value [optical property / desired] shifted as a result of detection. As a result, very small variation of a high order paragraph is made into the amount of adjustments among corresponding aspheric surface constants, this amount of adjustments is added to the aspheric surface constant of the aspheric surface type of a provisional forming mold, and a forming mold is designed as a new geometric design value.

[0005]

It is necessary to prepare the table which asked for the relation between the very small variation of the high order paragraph of the aspheric surface constant of an aspheric surface type, and the

amount of change of a spherical aberration value beforehand in this method. And in order to verify the accuracy of this table, many molds are processed, and it is necessary to press various lenses and to measure optical performance in large numbers, by it.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

In the design stage which fabricates the lens which has a surface of a sphere or an aspheric surface, Based on the optical performance needed for a lens, the optical constant (a refractive index, distribution) of a lens material is determined, and also the lens design value containing the shape of the 1st page of a lens and the 2nd page (all are fields including an optical functional face) and lens thickness is determined. Based on it, the designed value of the die for fabricating it is determined. Since the coefficient of thermal expansion of glass differs from the coefficient of thermal expansion of a die, for example in that case in the case of a glass lens, based on the above-mentioned lens design value, the element which influences shaping of contraction of the glass after a press, etc. is also woven in further, and the designed value of a mold is determined.

[0007]

To a lens design value, the permissible error (common difference) over the optical performance of a lens is usually defined. Especially the object lens used for the pickup light study system for optical discs has the dramatically narrow common difference of each parameter provided in specification. Therefore, the transmitted-wave-front aberration permitted may be unable to be satisfied by slight change of the heat contraction action which the glass used as a raw material shows, either.

[0008]

When shape working of the mold material is carried out based on the designed value of a mold, even if it has and carries out precision processing, gap may arise between die design values. And when pressed using the mold [value / die design] shifted, the optical performance (for example, spherical aberration) of a lens may exceed tolerance level.

[0009]

the lens obtained by carrying out press forming using the mold even when shape working of the mold as the designed value of a mold was carried out — the original lens design value — being in agreement — it does not become — there is a case (for example, a spherical aberration exceeds tolerance level). As for this, the thermal expansion of a glass material or a mold material and contraction have many influencing factors, and since an indefinite element follows on each factor, it is for change of the refractive index resulting from the cooling rate at the time of a press, etc. to break out.

[0010]

It becomes a burden also with a big delivery date top and cost top to design a die again and to reprocess it at such time.

[0011]

Then, without redoing the shape working of a die repeatedly, when the lens fabricated using a certain die has exceeded the spherical aberration of a prescribed range, the purpose of this invention is amended simple only by easy reworking, and there is in providing the method that the lens which has a proper spherical aberration can be manufactured.

[0012]

[Means for Solving the Problem]

This invention which solves an aforementioned problem is as follows.

[Claim 1] In how to manufacture a lens which carries out press forming of the molding raw material using a die containing a mold which has a mold which has the 1st die surface, and the 2nd die surface, and has a spherical aberration of a prescribed range,

A lens design value is determined,

Based on this lens design value, a die design value including distance (henceforth distance between molds) between shape of said 1st die surface, shape of the 2nd die surface, the 1st die surface, and

the 2nd die surface is determined,

A provisional die is produced according to this die design value,

Press forming of the molding raw material which carried out heat softening using a produced provisional die is carried out, and a provisional lens is obtained,

A spherical aberration value of an obtained provisional lens is measured,

When spherical aberration measured value of a provisional lens exceeds said prescribed range, correction value of distance between said molds is calculated,

Distance between molds of said provisional die is amended, and press forming of the molding raw material is carried out,

A manufacturing method of a lens obtaining a lens which has a spherical aberration in said prescribed range.

[Claim 2] The manufacturing method according to claim 1 with which a lens design value is set up so that a lens may have desired optical performance.

[Claim 3] The manufacturing method according to claim 1 or 2 including that amendment of distance between molds of a die design value amends distance between molds of a die design value based on lens thickness which amended lens thickness of a lens design value based on the amount of gaps from a predetermined value of a spherical aberration value of an obtained provisional lens, and also was amended.

[Claim 4] Manufacturing method given in any 1 paragraph of claims 1-3 in which a lens design value contains a refractive index of a molding raw material, shape of the 1st page of a lens, shape of the 2nd page, and lens thickness.

[claim 5] --- a refractive index of a molding raw material of a lens design value is a refractive index at a predetermined cooling rate of this glass -- and

Cooling of a press-forming article after press forming which obtains a provisional lens and which is performed for accumulating is performed with said predetermined cooling rate and a different cooling rate,

As a result, the manufacturing method according to claim 4 with which spherical aberration measured value of a provisional lens exceeds said prescribed range.

[Claim 6] Manufacturing method given in any 1 paragraph of claims 1-5 in which spherical aberration measured value of a provisional lens exceeds [in obtained shape of the 1st page or the 2nd page of a provisional lens] a prescribed range unlike shape of the 1st page or the 2nd page of said lens design value as a result.

[Claim 7] In how to manufacture a lens which carries out press forming of the molding raw material using a die containing a mold which has a mold which has the 1st die surface, and the 2nd die surface, and has a spherical aberration of a prescribed range,

A lens design value is determined,

Based on this lens design value, a die design value including distance (henceforth distance between molds) between shape of said 1st die surface, shape of the 2nd die surface, the 1st die surface, and the 2nd die surface is determined,

A provisional die is produced according to this die design value,

Obtained shape of the 1st die surface of a die and the 2nd die surface is measured,

From shape of a measured die surface, a spherical aberration value of a lens fabricated by it is predicted,

When a predicted value of a spherical aberration exceeds the above-mentioned prescribed range,

correction value of distance between said molds is calculated, distance between molds of said provisional die is amended, and press forming of the molding raw material is carried out,

A manufacturing method of a lens obtaining a lens which has a spherical aberration in said prescribed range.

[Claim 8] The manufacturing method according to claim 7 with which a lens design value contains a refractive index of a molding raw material, shape of the 1st page of a lens, shape of the 2nd page,

and lens thickness.

[Claim 9] The manufacturing method according to claim 7 or 8 performed by determination of a die design value considering a coefficient of thermal expansion of glass based on a lens design value.

[Claim 10] Manufacturing method given in any 1 paragraph of claims 1-9 whose lenses are pickup lenses for optical discs.

[Claim 11] Manufacturing method given in any 1 paragraph of claims 1-10 whose prescribed range of a wavefront aberration is 0.04 or less λ rms.

[Claim 12] Optical pickup which equips any 1 paragraph of claims 1-11 with a lens manufactured by a method of a statement.

[0013]

A manufacturing method of this invention is a method of manufacturing a lens which carries out press forming of the glass material using a die containing a mold which has a mold which has the 1st die surface, and the 2nd die surface, and has a spherical aberration of a prescribed range.

A kind (construction material) of die containing a mold which has a mold which has the 1st die surface used for a manufacturing method of this invention, and the 2nd die surface, structure, a kind of glass material and shape, a method, conditions of press forming, etc. can use a publicly known thing as it is.

As for a spherical aberration, it is most preferred that it is 0 (zero), and a prescribed range permitted is suitably determined according to a use of a lens manufactured.

When a lens is a pickup lens for optical discs, for example, a prescribed range of a spherical aberration is suitably determined in 0.04 or less λ rms, for example.

[0014]

Hereafter, a case where a glass material is used for a manufacturing method of this invention as a molding raw material is explained to an example. As a molding raw material, a plastic material etc. can be mentioned in addition to a glass material.

[0015]

In a manufacturing method of this invention,

- (1) Determine a lens design value,
- (2) Determine a die design value including distance (namely, distance between molds) between shape of said 1st die surface, shape of the 2nd die surface, the 1st die surface, and the 2nd die surface based on this lens design value,
- (3) Produce a provisional die according to this die design value.

[0016]

A lens design value contains a refractive index of glass, shape of the 1st page, shape of the 2nd page, and lens thickness, for example. A lens design value is set up so that a lens may have desired optical performance.

In this invention, the 1st page of a lens is made into a field fabricated by the 1st die surface, and the 2nd page of a lens is made into a field fabricated by the 2nd die surface.

Although a die design value is determined based on a lens design value, heat contraction (coefficient of thermal expansion) of a glass material used as a raw material is also taken into consideration in that case.

A conventional shape working method can be used for production of a provisional die according to a die design value as it is.

[0017]

In a manufacturing method of the 1st mode of this invention, it ranks second,

- (4) Carry out press forming of the glass material which carried out heat softening using a produced provisional die, and obtain a provisional lens,
- (5) Measure a spherical aberration value of an obtained provisional lens,
- (6) When spherical aberration measured value of a provisional lens exceeds said prescribed range, calculate correction value of distance between said molds.

[0018]

Press forming of a provisional lens using a provisional die is performed on the same conditions as a manufacturing method of a actual lens except using a provisional die. Measurement of a spherical aberration value of an obtained provisional lens can be performed by a publicly known method, for example, can be measured using a wave aberration measuring device. When spherical aberration measured value of a provisional lens exceeds said prescribed range, correction value of distance between said molds is calculated. In this invention, it is the feature to amend only distance between molds in a die design value, to correct a spherical aberration so that it may become a prescribed range, to amend lens thickness obtained by that cause, and to produce a lens with a spherical aberration in tolerance level (prescribed range). Here, lens thickness means thickness of the central part of a lens.

[0019]

For example, based on the amount of gaps from a predetermined value of a spherical aberration value of an obtained provisional lens, lens thickness of a lens design value can be amended, and amendment of distance between molds of a die design value can be performed by amending distance between molds of a die design value based on amended lens thickness. Although a predetermined value here is a value of arbitrary standards in a prescribed range, a spherical aberration usually makes a standard zero.

[0020]

In this invention, distance between molds is the distance between die surfaces when a glass material is pressed with a die of a couple, for example, it can be considered as centre distance of the die surfaces in a position which a mold of a couple approached most. In the case of a die which has the structure which is stopped in contact with a drum mold in a position which a fluctuated type approached most, for example, amendment of distance between molds can be performed by changing a drum mold or a part of [the] length. When performing the other means, for example, fluctuated type positioning, using position controls, such as a servo motor, it is amending the control program, and distance between molds may be adjusted and lens thickness may be adjusted.

[0021]

In a manufacturing method of the 1st mode of this invention, it ranks second,
(7) Amend distance between molds of said provisional die, and carry out press forming of the glass material,

(8) This obtains a lens which has a spherical aberration in said prescribed range.

[0022]

When deciding a lens design value, it is a premise to decide a refractive index of a raw material to be used. However, in press forming, changing a refractive index is known with a cooling rate adopted by a cooling process after a press. If a cooling rate is quick, specifically, a value of a refractive index will fall. And for example, a spherical aberration of a provisional lens can exceed a prescribed range due to decline in this refractive index. Even in such a case, according to this invention, lens thickness can be adjusted by using a die which amended distance between molds, and a lens which has a spherical aberration in a prescribed range can be produced.

[0023]

Namely, a refractive index of glass of a lens design value is a refractive index of glass which cooled and obtained this glass at a predetermined cooling rate, And cooling of a press-forming article after press forming which obtains a provisional lens and which is performed for accumulating. Also when it is carried out with said predetermined cooling rate and a different cooling rate and spherical aberration measured value of a provisional lens exceeds said prescribed range as a result, in a manufacturing method of this invention, a lens which has a spherical aberration in a prescribed range can be produced.

[0024]

Since a coefficient of thermal expansion of glass and a coefficient of thermal expansion of a die from which obtained shape of the 1st page or the 2nd page of a provisional lens constitutes a lens, for example are different, Also when spherical aberration measured value of a provisional lens exceeds a prescribed range unlike shape of the 1st page or the 2nd page of a lens design value as a result, in a manufacturing method of this invention, a lens which has a spherical aberration in a prescribed range can be produced.

[0025]

Thus, even when a spherical aberration has exceeded tolerance level according to the manufacturing method of this invention. In order to store in tolerance level regardless of whether there was any factor which the reason cannot finish reading to an action of heat contraction of glass and a mold, or there was any problem in accuracy of mold processing, it is not necessary to repeat mold processing and a lens which has a spherical aberration in tolerance level can be manufactured by correction of only lens thickness.

[0026]

In a manufacturing method of the 2nd mode of this invention, after performing (1) - (3) in a manufacturing method of the first mode, lens thickness correction calculation from mold configuration measurement data is performed as follows.

(4') Obtained shape of the 1st die surface of a die and the 2nd die surface is measured,

(5') From shape of a measured die surface, a spherical aberration value of a lens fabricated by it is predicted,

(6') When a predicted value of a spherical aberration exceeds the above-mentioned prescribed range, correction value of distance between said molds is calculated.

[0027]

While being cooled by room temperature from a hot press, a lens is contracted, but in consideration of this contraction, die design values (geometric design value of the 1st page and the 2nd page, etc.) are decided. A mold configuration error and a lens side shape error by heat contraction have correlation. If correlation of a mold configuration and a lens wavefront aberration is already grasped, a mold configuration error can be defined on optical design soft, shape of the 1st die surface of a die and the 2nd die surface can be measured, and, as a result, a wavefront aberration can be calculated according to the ray tracing method (prediction). When a predicted value of a spherical aberration exceeds said prescribed range, correction value of distance between molds in a die design value is calculated. Correction value of distance between molds can be calculated like a manufacturing method of the 1st mode of the above. A commercial thing can be used for optical design software as it is, for example.

[0028]

For example, if same calculation is performed with having carried out in the embodiment mentioned later from the 3rd spherical aberration of a wavefront aberration, optimal lens thickness can be found. Namely, what is necessary is to measure a mold configuration, to compute optimal distance between molds and just to correct between molds that the wavefront aberration should be made the minimum, predicting a wavefront aberration of a lens by which press forming is carried out with the mold.

[0029]

This method is effective when adding a die which already has a track record in mass production. Since a contraction action of glass and a mold is grasped beforehand, even if it does not actually carry out press forming of the provisional lens, a wavefront aberration can be made small only by adjusting distance between molds of a die (as a result lens thickness).

By measuring shape of each metallic mold of the 1st page (R1 page) and the 2nd page (R2 page) among dice produced to mass production, combination of optimal metallic mold that makes a wavefront aberration the minimum out of a plurality type can be calculated, and a yield of a metallic mold can also be raised. [two or more]

[0030]

Subsequently, it is the same as that of a manufacturing method of the 1st mode of this invention, (7') Distance between molds of said provisional die is amended, and press forming of the glass material is carried out.

(8') This obtains a lens which has a spherical aberration in said prescribed range.

[0031]

[Embodiment of the Invention]

The pickup lens for optical discs which can be manufactured by press forming with the application of this invention, and its optical-path figure are shown in drawing 1. Although the acceptable value of a spherical aberration is less than 0.04λ rms, the spherical aberration of the lens on a designed value is zero.

[0032]

Optical design software (CODE V etc.) shows change of the lens wavefront aberration by change of lens thickness to drawing 2 among the design datas of this lens.

It is here,

WFE: Wavefront aberration synthesis value,

The spherical aberration of 3:3rd SA,

The spherical aberration of 5:5th SA,

The spherical aberration of 7:7th SA,

The spherical aberration of 9:9th SA.

A unit is λ rms.

Drawing 2 shows that the 3rd spherical aberration is dominant in the relation between a wavefront aberration synthesis value and lens thickness. With this lens

[Equation 1]

$SA3/\Delta t = -0.01\lambda \text{ rms}/\mu\text{m}$

It comes out and a certain thing is understood.

[0033]

On the other hand, shape (the 1st page, the 2nd page) of a die was determined, mold processing was performed based on a lens design value of this lens, and a provisional die was produced. Press forming of the glass material which actually carried out heat softening was carried out using this provisional die, and a provisional glass lens was obtained.

A die used by the above-mentioned press forming provides a release film of carbon in a fluctuated type die surface which consists of SiC produced with a CVD method. As a glass material, preforming which preformed M-NBFD82 by Hoya Corp. to a globular form was used. On the occasion of press forming, it was considered as press temperature of $645 \pm$, and pressing pressure 2 of $140\text{kg}/\text{cm}^2$, and cooled by $60 \pm$ / min.

[0034]

With a wave aberration measuring device (made by Zygo), optical performance of an obtained provisional lens is measured and is shown in drawing 3. Here, they were $WFE = 0.121\lambda$ rms and $SA3 = -0.114\lambda$ rms. WFE was over 0.04λ rms which is tolerance level. Here, asymmetrical aberrations, such as ASU and a top, are amended and WFE is substantially considered on a par with a spherical aberration. That is, it turns out that it cannot predict at the time of a lens design, but either shape of a fabricated lens or a refractive index etc. differ from a designed value by a factor which was not being taken into consideration. Then, below was asked for correction value of distance between molds in order to bring a spherical aberration close to zero by lens thickness amendment.

[0035]

A lens thickness correction amount uses the amount of gaps of the 3rd spherical aberration, It can ask with $\Delta t = -0.114/0.01 = -11.4\mu\text{m}$.

[0036]

Then, in order to change lens thickness only -11.4 micrometer, a die (distance between molds) was corrected. That is, in order to change distance between molds of a die (between molds approaches most when a punch and a bottom part contact a drum mold) which governs lens thickness, 11.4 micrometers of height of a drum mold were deleted. And with a die which corrected distance between molds, conditions other than distance between molds were made the same, press forming of the same glass material was carried out, and a glass lens was obtained.

[0037]

Wavefront aberration data of an obtained lens is shown in drawing 4.

They were $WFE=0.034\lambda$ and $SA3=-0.003\lambda$.

A lens of below 0.04λ and acceptable value within the limits was obtained for WFE, without reprocessing the whole metallic mold, as a result of SA3 being amended by correction of distance between molds.

[0038]

Although a relation with lens thickness performed lens thickness adjustment in the above-mentioned example based on the 3rd dominant wavefront aberration, measured wave side aberration data of Zygo etc. can be incorporated into optical design software (CodeV etc.), and lens thickness correction calculation can also be performed. In this case, it is easily possible to take into consideration a five or more SA high order spherical aberration.

[0039]

[Effect of the Invention]

According to this invention, the lens which has a desired spherical aberration is obtained, without redoing processing of a mold from 1, even when obtaining the lens which has desired optical performance, especially a spherical aberration and the spherical aberration of the provisional lens which carried out press forming using the die produced based on the designed value is not a prescribed range less or equal.

Especially this invention is effective when the angle of inclination of the 1st page or the 2nd page of a lens is large especially (for example, not less than 40 degrees). the lens (for example, pickup lens for optical discs) of laser optical systems with which the manufacturing method of this invention has an aspheric surface in the 1st page or the 2nd page — it is effective in especially manufacture of a single lens.

It is because a wavefront aberration (a spherical aberration is included) can be searched for with a wave aberration measuring device and the mold distance of a die can be amended based on this value.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The pickup lens for optical discs which can be manufactured by press forming with the application of this invention, and its optical-path figure are shown.

[Drawing 2] Change of the lens wavefront aberration by change of lens thickness.

[Drawing 3] Optical performance of the provisional lens measured with the wave aberration measuring device.

[Drawing 4] Optical performance of the lens fabricated with the die which corrected the die design value measured with the wave aberration measuring device.

[Translation done.]

JP 2004-82352 A 2004.3.18

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-82352

(P2004-82352A)

(43) 公開日 平成16年3月18日(2004.3.18)

(51) Int. Cl. ⁷	F 1	テーマコード (参考)
B29C 43/02	B29C 43/02	2H087
B29C 43/58	B29C 43/58	4F204
C03B 11/08	C03B 11/08	5D119
G02B 3/00	G02B 3/00	5D789
G02B 13/00	G02B 13/00	Z
審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 11 頁) 最終頁に続く		
(21) 出願番号	特願2002-242761(P2002-242761)	(71) 出願人 000113263
(22) 出願日	平成14年8月23日(2002.8.23)	(74) 代理人 110000109 HOYA株式会社 東京都新宿区中落合2丁目7番5号
		(72) 発明者 広田 慎一郎 東京都新宿区中落合2丁目7番5号 ホー ヤ株式会社内
		(72) 発明者 小柳 秀昭 東京都新宿区中落合2丁目7番5号 ホー ヤ株式会社内
		Fターム(参考) 2H087 KA13 LA01 NA01 RA01 4F204 AH74 AR12 FA01 FB01 FP01 FN01 FN11 FQ15
		5D119 AA38 BA01 JA43 NA05
		5D789 AA38 BA01 JA43 NA05

(54) 【発明の名称】 レンズの製造方法

(57) 【要約】

【課題】ある成形型を用いて成形したレンズが所定範囲の球面収差を超えてしまった場合に、成形型の形状加工を何度もやり直すことなく、適正な球面収差を有するレンズを製造できる方法を提供する。

【解決手段】第1の成形面を有する型及び第2の成形面を有する型を含む成形型を用いて成形素材をプレス成形して、所定範囲の球面収差を有するレンズを製造する方法。レンズ設計値を決定し、このレンズ設計値を基に、前記第1の成形面の形状、第2の成形面の形状、第1の成形面及び第2の成形面の間の距離(型間距離という)を含む、型設計値を決定し、この型設計値に従って暫定成形型を作製し、作製した暫定成形型を用いて加熱軟化した成形素材をプレス成形して暫定レンズを得、得られた暫定レンズの球面収差値を測定し、暫定レンズの球面収差測定値が前記所定範囲を超える場合、前記型間距離の補正値を求め、前記暫定成形型の型間距離を補正して、成形素材をプレス成形して、前記所定範囲内の球面収差を有するレンズを得る。

【選択図】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の成形面を有する型及び第2の成形面を有する型を含む成形型を用いて成形素材をプレス成形して、所定範囲の球面収差を有するレンズを製造する方法において、
レンズ設計値を決定し、
このレンズ設計値を基に、前記第1の成形面の形状、第2の成形面の形状、第1の成形面及び第2の成形面の間の距離（以下、型間距離という）を含む、型設計値を決定し、
この型設計値に従って暫定成形型を作製し、
作製した暫定成形型を用いて加熱軟化した成形素材をプレス成形して暫定レンズを得、
得られた暫定レンズの球面収差値を測定し、
暫定レンズの球面収差測定値が前記所定範囲を超える場合、前記型間距離の補正値を求め

10

前記暫定成形型の型間距離を補正して、成形素材をプレス成形して、
前記所定範囲内の球面収差を有するレンズを得ることを特徴とするレンズの製造方法。

【請求項2】

レンズ設計値は、レンズが所望の光学性能を有するように設定されている請求項1に記載の製造方法。

【請求項3】

型設計値の型間距離の補正は、得られた暫定レンズの球面収差値の所定値からのズレ量に基づいてレンズ設計値のレンズ厚を補正し、更に補正されたレンズ厚にもとづき、型設計値の型間距離を補正することを含む、請求項1または2に記載の製造方法。

20

【請求項4】

レンズ設計値は、成形素材の屈折率、レンズの第1面の形状、第2面の形状、及びレンズ厚を含む請求項1～3のいずれか1項に記載の製造方法。

【請求項5】

レンズ設計値の成形素材の屈折率が、該ガラスの所定の冷却速度における屈折率であり、かつ

暫定レンズを得るために行うプレス成形後のプレス成形品の冷却が、前記所定の冷却速度と異なる冷却速度で行われ、

その結果、暫定レンズの球面収差測定値が前記所定範囲を超える請求項4に記載の製造方法。

30

【請求項6】

得られた暫定レンズの第1面又は第2面の形状が、前記レンズ設計値の第1面又は第2面の形状と異なり、その結果、暫定レンズの球面収差測定値が所定範囲を超える請求項1～5のいずれか1項に記載の製造方法。

【請求項7】

第1の成形面を有する型及び第2の成形面を有する型を含む成形型を用いて成形素材をプレス成形して、所定範囲の球面収差を有するレンズを製造する方法において、
レンズ設計値を決定し、

このレンズ設計値を基に、前記第1の成形面の形状、第2の成形面の形状、第1の成形面及び第2の成形面の間の距離（以下、型間距離という）を含む、型設計値を決定し、
この型設計値に従って暫定成形型を作製し、

40

得られた成形型の第1の成形面及び第2の成形面の形状を測定し、

測定した成形面の形状から、それによって成形されるレンズの球面収差値を予測し、
球面収差の予測値が上記所定範囲を超える場合、前記型間距離の補正値を求め、前記暫定成形型の型間距離を補正し、成形素材をプレス成形して、
前記所定範囲内の球面収差を有するレンズを得ることを特徴とするレンズの製造方法。

【請求項8】

レンズ設計値は、成形素材の屈折率、レンズの第1面の形状、第2面の形状、及びレンズ厚を含む請求項7に記載の製造方法。

50

【請求項 9】

型設計値の決定は、レンズ設計値を基に、ガラスの熱膨張係数を加味して行なう請求項 7 または 8 に記載の製造方法。

【請求項 10】

レンズが、光ディスク用ピックアップレンズである請求項 1～9 のいずれか 1 項に記載の製造方法。

【請求項 11】

波面収差の所定範囲が 0.04λ rms 以下である、請求項 1～10 のいずれか 1 項に記載の製造方法。

【請求項 12】

請求項 1～11 のいずれか 1 項に記載の方法により製造されたレンズを備える光ピックアップ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は、成型型を用いて、ガラスやプラスチックなどの成形素材をプレス成形することにより、レンズを製造する方法に関する。特に、本発明は、成形後に研磨や研磨を行なうことを不要とする、形状精度、面精度の高い精密プレスに関し、CD や DVD などの光ディスク用ピックアップレンズなどの単レンズの製造に特に適する製法に関する。

【0002】

【従来技術】

所定の光学性能をもつレンズを成形するための成型型の作製、及びその精度の判断や補正については、以下の先行技術がある。

【0003】

特開 2002-96332 号公報には、量産型を作るにあたって、基準型を使って、量産暫定型でのプレスを行なうことなく量産暫定型が許容範囲内の球面収差のレンズを生産できるかどうかを判断するための方法が開示されている。しかし、この方法を適用するには、まず許容範囲内の光学性能を有する基準型を作製する必要があり、更に、量産型を複数作成してその中から量産に使用できるものを判断、抽出しなければならない。

【0004】

特開 2002-96344 号公報には、成形金型を設計する方法が記載されている。この方法では、所定の形状設計値に基づいて、暫定成形金型を作成し、それによってレンズを成形し、成形された暫定レンズの光学特性を測定する。この光学特性の測定値を所望の光学特性と比較し、その球面収差のズレ量を検出し、検出の結果、所望の光学特性からずれた非球面収差値のズレ量を、非球面を規定する式の非球面定数のうち高次項の微少な変化量と球面収差値の変動量との関係を予め求めたテーブルに照らし合わせる。その結果、対応する非球面定数のうち高次項の微少な変化量を調整量とし、該調整量を暫定成形金型の非球面式の非球面定数に加算して新たな形状設計値として成形金型を設計する。

【0005】

この方法では、予め非球面式の非球面定数の高次項の微少な変化量と球面収差値の変動量との関係を求めたテーブルを用意する必要がある。そして、このテーブルの確度を検証するためには、多くの型を加工し、それによって多数、かつ多種のレンズをプレスして光学性能を測定する必要がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

球面又は非球面を有するレンズを成形する設計段階においては、レンズに必要とされる光学性能にもとづき、レンズ素材の光学恒数（屈折率、分散）を決定し、更にレンズの第 1 面、第 2 面（いずれも光学機能面を含む面である）の形状、レンズ厚を含む、レンズ設計値が決定される。それに基づいて、それを成形するための成型型の設計値を決定する。その際、例えばガラスレンズの場合、ガラスの熱膨張係数と成型型の熱膨張係数は異なるので、上記レンズ設計値に基づき、さらに、プレス後のガラスの収縮などの成形に影響する

10

20

30

40

50

要素も織り込んで、型の設計値を決定する。

【0007】

レンズ設計値に対しては、通常、レンズの光学性能に対する許容誤差（公差）が定められる。特に、光ディスク用のピックアップ光学系に用いられる対物レンズは、仕様で定められた各パラメータの公差が非常に狭い。そのため、素材として用いるガラスが示す熱収縮挙動の僅かな変動によっても、許容される透過波面収差を満足できない場合がある。

【0008】

型の設計値をもとに、型材を形状加工したときに、精密加工をもってしても、型設計値との間にズレが生じることがある。そして、型設計値からずれた型を用いてプレスすると、レンズの光学性能（例えば、球面収差）が許容範囲を超えてしまうことがある。

10

【0009】

更に、型の設計値どおりの型を形状加工した場合でも、その型を用いてプレス成形して得たレンズは、当初のレンズ設計値に一致するものとならない（例えば、球面収差が許容範囲を超える）場合がある。これは、ガラス素材や型材の熱膨張及び収縮には、影響する要因が多く、かつ各要因に不確定要素が伴うため、あるいはプレス時の冷却速度に起因した屈折率の変化などが起きるためである。

【0010】

こうしたときに、成形型を再度設計し、加工し直すことは、納期上もコスト上も大きな負担となる。

【0011】

そこで本発明の目的は、ある成形型を用いて成形したレンズが所定範囲の球面収差を超えてしまった場合に、成形型の形状加工を何度もやり直すことなく、簡単な修正加工のみで簡便に補正して、適正な球面収差を有するレンズを製造できる方法を提供することにある。

20

【0012】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決する本発明は以下の通りである。

【請求項1】 第1の成形面を有する型及び第2の成形面を有する型を含む成形型を用いて成形素材をプレス成形して、所定範囲の球面収差を有するレンズを製造する方法において

30

、

レンズ設計値を決定し、
このレンズ設計値を基に、前記第1の成形面の形状、第2の成形面の形状、第1の成形面及び第2の成形面の間の距離（以下、型間距離という）を含む、型設計値を決定し、

この型設計値に従って暫定成形型を作製し、

作製した暫定成形型を用いて加熱軟化した成形素材をプレス成形して暫定レンズを得、

得られた暫定レンズの球面収差値を測定し、

暫定レンズの球面収差測定値が前記所定範囲を超える場合、前記型間距離の補正値を求め

、前記暫定成形型の型間距離を補正して、成形素材をプレス成形して、

前記所定範囲内の球面収差を有するレンズを得ることを特徴とするレンズの製造方法。

40

【請求項2】 レンズ設計値は、レンズが所望の光学性能を有するように設定されている請求項1に記載の製造方法。

【請求項3】 型設計値の型間距離の補正は、得られた暫定レンズの球面収差値の所定値からのズレ量に基づいてレンズ設計値のレンズ厚を補正し、更に補正されたレンズ厚にもとづき、型設計値の型間距離を補正することを含む、請求項1または2に記載の製造方法。

【請求項4】 レンズ設計値は、成形素材の屈折率、レンズの第1面の形状、第2面の形状、及びレンズ厚を含む請求項1～3のいずれか1項に記載の製造方法。

【請求項5】 レンズ設計値の成形素材の屈折率が、該ガラスの所定の冷却速度における屈折率であり、かつ

暫定レンズを得るために行うプレス成形後のプレス成形品の冷却が、前記所定の冷却速度

50

と異なる冷却速度で行われ、その結果、暫定レンズの球面収差測定値が前記所定範囲を超える請求項4に記載の製造方法。

〔請求項6〕得られた暫定レンズの第1面又は第2面の形状が、前記レンズ設計値の第1面又は第2面の形状と異なり、その結果、暫定レンズの球面収差測定値が所定範囲を超える請求項1～5のいずれか1項に記載の製造方法。

〔請求項7〕第1の成形面を有する型及び第2の成形面を有する型を含む成型型を用いて成形素材をプレス成形して、所定範囲の球面収差を有するレンズを製造する方法において、

レンズ設計値を決定し、

このレンズ設計値を基に、前記第1の成形面の形状、第2の成形面の形状、第1の成形面及び第2の成形面の間の距離（以下、型間距離という）を含む、型設計値を決定し、

この型設計値に従って暫定成型型を作製し、

得られた成型型の第1の成形面及び第2の成形面の形状を測定し、

測定した成形面の形状から、それによって成形されるレンズの球面収差を予測し、

球面収差の予測値が上記所定範囲を超える場合、前記型間距離の補正値を求め、前記暫定成型型の型間距離を補正し、成形素材をプレス成形して、

前記所定範囲内の球面収差を有するレンズを得ることを特徴とするレンズの製造方法。

〔請求項8〕レンズ設計値は、成形素材の屈折率、レンズの第1面の形状、第2面の形状、及びレンズ厚を含む請求項7に記載の製造方法。

〔請求項9〕型設計値の決定は、レンズ設計値を基に、ガラスの熱膨張係数を加味して行なう請求項7または8に記載の製造方法。

〔請求項10〕レンズが、光ディスク用ピックアップレンズである請求項1～9のいずれか1項に記載の製造方法。

〔請求項11〕波面収差の所定範囲が 0.04λ rms以下である、請求項1～10のいずれか1項に記載の製造方法。

〔請求項12〕請求項1～11のいずれか1項に記載の方法により製造されたレンズを備える光ピックアップ。

【0013】

本発明の製造方法は、第1の成形面を有する型及び第2の成形面を有する型を含む成型型を用いてガラス素材をプレス成形して、所定範囲の球面収差を有するレンズを製造する方法である。

本発明の製造方法に用いる第1の成形面を有する型及び第2の成形面を有する型を含む成型型の種類（材質）や構造、ガラス素材の種類や形状、プレス成形の方法や条件等は公知のものをそのまま使用することができる。

球面収差は0（ゼロ）であることが最も好ましく、許容される所定範囲は、製造されるレンズの用途に応じて、適宜決定される。

レンズが、例えば、光ディスク用ピックアップレンズである場合、球面収差の所定範囲は、例えば、 0.04λ rms以下の範囲で適宜決定される。

【0014】

以下、本発明の製造方法を、成形素材としてガラス素材を用いる場合を例に説明する。尚、成形素材としては、ガラス素材以外にプラスチック素材なども挙げることができる。

【0015】

本発明の製造方法においては、

（1）レンズ設計値を決定し、

（2）このレンズ設計値を基に、前記第1の成形面の形状、第2の成形面の形状、第1の成形面及び第2の成形面の間の距離（即ち、型間距離）を含む、型設計値を決定し、

（3）この型設計値に従って暫定成型型を作製する。

【0016】

レンズ設計値は、例えば、ガラスの屈折率、第1面の形状、第2面の形状、及びレンズ厚

10

20

30

40

50

を含む。レンズ設計値は、レンズが所望の光学性能を有するように設定される。
尚、本発明においては、レンズの第1面を第1の成形面により成形される面とし、レンズの第2面を、第2の成形面により成形される面とする。

型設計値は、レンズ設計値に基づいて決定されるが、その際、素材として用いるガラス素材の熱収縮（熱膨張率）も、勘案される。

型設計値に従った暫定成形型の作製には、従来の形状加工方法をそのまま使用できる。

【0017】

本発明の第1の態様の製造方法では、次いで、

(4) 作製した暫定成形型を用いて加熱軟化したガラス素材をプレス成形して暫定レンズを得、

(5) 得られた暫定レンズの球面収差値を測定し、

(6) 暫定レンズの球面収差測定値が前記所定範囲を超える場合、前記型間距離の補正値を求める。

【0018】

暫定成形型を用いての暫定レンズのプレス成形は、暫定成形型を用いること以外、実際のレンズの製造方法と同様の条件で行う。

得られた暫定レンズの球面収差値の測定は、公知の方法で行い、例えば、波面収差測定装置を用いて測定することができる。

暫定レンズの球面収差測定値が前記所定範囲を超える場合、前記型間距離の補正値を求める。本発明においては、型設計値の中の型間距離のみを補正して球面収差を所定範囲になるように修正し、それにより得られるレンズ厚を補正して、許容範囲（所定範囲）内の球面収差をもつレンズを作製することが特徴である。

ここで、レンズ厚とは、レンズの中心部の厚みをいう。

【0019】

型設計値の型間距離の補正は、例えば、得られた暫定レンズの球面収差値の所定値からのズレ量に基づいてレンズ設計値のレンズ厚を補正し、補正されたレンズ厚に基づき、型設計値の型間距離を補正することにより行うことができる。

ここでいう所定値とは、所定範囲中の任意の基準の値であるが、通常は、球面収差は基準をゼロとする。

【0020】

本発明において、型間距離とは、一対の成形型によって、ガラス素材をプレスするときの成形面間の距離であり、例えば、一対の型の最も近づいた位置における、成形面同士の間隔とすることができ。

型間距離の補正は、例えば、上下型が最も近づいた位置で胴型に当接して停止するような構造を有する成形型の場合には、胴型またはその一部の長さを変更することにより、行うことができる。また、それ以外の手段、例えば、上下型の位置決めをサーボモータなどの位置制御を用いて行う場合は、その制御プログラムを補正することで、型間距離を調整し、レンズ厚を調整してもよい。

【0021】

本発明の第1の態様の製造方法では、次いで、

(7) 前記暫定成形型の型間距離を補正し、ガラス素材をプレス成形して、

(8) それにより、前記所定範囲内の球面収差を有するレンズを得る。

【0022】

レンズ設計値を決める際には、用いる素材の屈折率を決めることが前提である。しかしながら、プレス成形においては、プレス後の冷却過程で採用される冷却速度によって、屈折率が変動することが知られている。具体的には、冷却速度が速いと、屈折率の値は低下する。そして、例えば、この屈折率の低下により、暫定レンズの球面収差が所定範囲を超えてしまうことがありうる。そのような場合でも、本発明によれば、型間距離を補正した成形型を用いることでレンズ厚を調整して、所定範囲内の球面収差を有するレンズを生産することができる。

10

20

30

40

50

【0023】

即ち、レンズ設計値のガラスの屈折率が、該ガラスを所定の冷却速度において冷却して得たガラスの屈折率であり、かつ暫定レンズを得るために行うプレス成形後のプレス成形品の冷却が、前記所定の冷却速度と異なる冷却速度で行われ、その結果、暫定レンズの球面収差測定値が前記所定範囲を超える場合も、本発明の製造方法では、所定範囲内の球面収差を有するレンズを生産することができる。

【0024】

さらに、得られた暫定レンズの第1面又は第2面の形状が、例えば、レンズを構成するガラスの熱膨張係数と成形型の熱膨張係数とが相違するため、レンズ設計値の第1面又は第2面の形状と異なり、その結果、暫定レンズの球面収差測定値が所定範囲を超える場合も、本発明の製造方法では、所定範囲内の球面収差を有するレンズを生産することができる。

10

【0025】

このように、本発明の製造方法によれば、球面収差が許容範囲を超えてしまった場合でも、その理由が、ガラスと型の熱収縮の挙動に読みきれない要因があったか、型加工の精度に問題があったかを問わず、許容範囲内におさめるために、型加工を繰り返す必要なく、レンズ厚のみの修正によって、球面収差が許容範囲内にあるレンズを製造することができる。

【0026】

本発明の第2の態様の製造方法では、第1次の態様の製造方法における(1)～(3)を行なった後に、型形状測定データからのレンズ厚補正計算を以下のように行う。

20

(4') 得られた成形型の第1の成形面及び第2の成形面の形状を測定し、

(5') 測定した成形面の形状から、それによって成形されるレンズの球面収差値を予測し、

(6') 球面収差の予測値が上記所定範囲を超える場合、前記型間距離の補正值を求める。

【0027】

高温のプレスから室温に冷却される間にレンズは収縮するが、この収縮を考慮して型設計値(第1面、第2面の形状設計値など)は決められる。熱収縮による型形状誤差とレンズ面形状誤差には、相関がある。既に型形状とレンズ波面収差の相関が把握されていれば、型形状誤差を光学設計ソフト上で定義して、成形型の第1の成形面及び第2の成形面の形状を測定し、その結果、光線追跡法により波面収差を計算(予測)することができる。球面収差の予測値が前記所定範囲を超える場合、型設計値の中の、型間距離の補正值を求める。型間距離の補正值は、上記第1の態様の製造方法と同様にして求めることができる。尚、光学設計ソフトは、例えば、市販のものをそのまま使用することができる。

30

【0028】

例えば、波面収差の3次の球面収差から、後述する実施態様で行ったと同様な計算を行なえば、最適なレンズ厚が求まる。すなわち、型形状を測定し、その型によってプレス成形されるレンズの波面収差を予測しながら、その波面収差を最小とすべく、最適な型間距離を算出し、型間を修正すればよい。

40

【0029】

この方法は、量産用に既に実績のある成形型を追加する場合などに有効である。ガラスと型の収縮挙動が予め把握されているから、実際に暫定レンズをプレス成形しなくても、成形型の型間距離(結果的に、レンズ厚)を調整するだけで、波面収差を小さくすることができる。

更に、量産用に複数作製した成形型のうち、第1面(R1面)、第2面(R2面)の各金型の形状を測定することにより、複数型の中から波面収差を最小にする最適な金型の組み合わせを計算できて、金型の歩留まりを向上させることもできる。

【0030】

次いで、本発明の第1の態様の製造方法と同様に、

50

(7') 前記暫定成型型の型間距離を補正し、ガラス素材をプレス成形して、
(8') それにより、前記所定範囲内の球面収差を有するレンズを得る。

【0031】

【発明の実施の形態】

図1に、本発明を適用してプレス成形により製造できる光ディスク用ピックアップレンズとその光路図を示す。球面収差の許容値は、 $0.04\lambda\text{rms}$ 以内であるが、設計値上のレンズの球面収差はゼロである。

【0032】

光学設計ソフト(CODE V等)により、このレンズの設計データのうち、レンズ厚の変化によるレンズ波面収差の変化を図2に示す。

10

ここで、

WFE: 波面収差総合値、

SA3: 3次の球面収差、

SA5: 5次の球面収差、

SA7: 7次の球面収差、

SA9: 9次の球面収差。

単位は、 λrms 。

図2より、波面収差総合値とレンズ厚との関係では、3次の球面収差が支配的であることが分かる。また、このレンズでは、

【数1】

$SA3/\Delta t = -0.01\lambda\text{rms}/\mu\text{m}$

20

であることがわかる。

【0033】

一方、本レンズのレンズ設計値を基に、成型型の形状(第1面、第2面)を決定し、型加工を行なって暫定成型型を作製した。この暫定成型型を用いて、実際に加熱軟化したガラス素材をプレス成形して暫定ガラスレンズを得た。

上記プレス成形で使用した成型型は、CVD法により作製したSiCからなる上下型の成形成面にカーボンの離型膜を設けたものである。ガラス素材としては、HOYA株式会社製M-NBFD82を球形に予備成形したプリフォームを使用した。プレス成形に際しては、プレス温度 645°C 、プレス圧力 $140\text{kg}/\text{cm}^2$ とし、 $60^{\circ}\text{C}/\text{min}$ で冷却した。

30

○【0034】

得られた暫定レンズの光学性能を、波面収差測定装置(Zygo社製)により、測定し、図3に示す。ここで、 $WFE = 0.121\lambda\text{rms}$ 、 $SA3 = -0.114\lambda\text{rms}$ であった。 WFE が許容範囲である $0.04\lambda\text{rms}$ を超えていた。ここでは、アス、コマといった非対称収差は補正されており、 WFE は、実質的に球面収差と同等に考えられる。すなわち、レンズ設計時に予測できず、考慮していなかった要因により、成形成されたレンズの形状や屈折率などのいずれかが設計値と異なっていることがわかる。そこで、レンズ厚補正によって球面収差をゼロに近づけるために型間距離の補正値を以下に求めた。

【0035】

レンズ厚補正量は3次の球面収差のズレ量を用い、

$\Delta t = -0.114/0.01 = -11.4\mu\text{m}$ と求めることができる。

40

【0036】

そこで、レンズ厚を $-11.4\mu\text{m}$ だけ変化させるために、成型型(型間距離)を修正した。すなわち、レンズ厚を支配する、成型型の型間距離(上型と下型が、胴型に当接することにより、型間が最も近づく)を変更するために、胴型の高さを $11.4\mu\text{m}$ 削った。そして、型間距離を修正した成形成により、同じガラス素材を、型間距離以外の条件を同一にし、プレス成形してガラスレンズを得た。

【0037】

得られたレンズの波面収差データを図4に示す。

50

$WFE = 0.034 \lambda rms$ 、 $SA3 = -0.003 \lambda rms$ であった。

型間距離の修正によってSA3が補正された結果、金型全体を加工し直すことなく、WFEが、 $0.04 \lambda rms$ 以下と許容値範囲内のレンズが得られた。

【0038】

上記の例では、レンズ厚との関係で、支配的であった3次の波面収差にもとづいて、レンズ厚調整を行なったが、Zygo等の測定波面収差データを光学設計ソフト(Code V等)に取り込んでレンズ厚補正計算を行うこともできる。この場合、SA5以上の高次の球面収差を考慮することが容易に可能である。

【0039】

【発明の効果】

本発明によれば、所望の光学性能、特に球面収差を有するレンズを得る際、設計値に基づいて作製した成型型を用いてプレス成形した暫定レンズの球面収差が所定範囲以下でない場合でも、型の加工を一からやり直すことなく、所望の球面収差を有するレンズが得られる。

本発明は、特に、レンズの第1面又は第2面の傾き角が大きい(例えば、 40° 以上)場合に、特に有効である。本発明の製造方法は、第1面又は第2面に非球面をもつ、レーザー光学系のレンズ(例えば光ディスク用ピックアップレンズ)、特に単レンズの製造に、有効である。

波面収差測定装置により波面収差(球面収差を含む)を求めることができ、この値をもとに、成型型の型間距離を補正することができるからである。

【図面の簡単な説明】

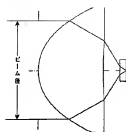
【図1】本発明を適用してプレス成形により製造できる光ディスク用ピックアップレンズとその光路図を示す。

【図2】レンズ厚の変化によるレンズ波面収差の変化。

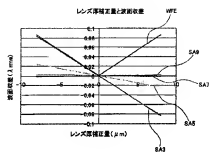
【図3】波面収差測定装置により測定した暫定レンズの光学性能。

【図4】波面収差測定装置により測定した型設計値を修正した成型型で成形したレンズの光学性能。

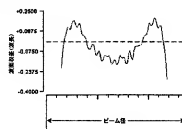
【図 1】



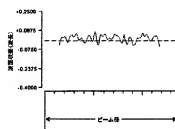
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き(51)Int.Cl.⁷

G 1 1 B 7/135

G 1 1 B 7/22

// B 2 9 L 11:00

F I

C 1 1 B 7/135

C 1 1 B 7/22

B 2 9 L 11:00

A

テーマコード (参考)